

ROI 기반 실시간 이미지 정합 알고리즘 구현

An Implementation of the Real-time Image Stitching Algorithm Based on ROI

곽 재 창*

Jae Chang Kwak*

Abstract

This paper proposes a panoramic image stitching that operates in real time at the embedded environment by applying ROI and PROSAC algorithm. The conventional panoramic image stitching applies SURF or SIFT algorithm which contains complicated operations and a lots of data, at the overall image to detect feature points. Also it applies RANSAC algorithm to remove outliers, so that an additional verification time is required due to its randomness. In this paper, unnecessary data are eliminated by setting ROI based on the characteristics of panorama images, and PROSAC algorithm is applied for removing outliers to reduce verification time. The proposed method was implemented on the ORDROID-XU board with ARM Cortex-A15. The result shows an improvement of about 54% in the processing time compared to the conventional method.

요 약

본 논문은 임베디드 환경에서 실시간으로 동작하기 위해 이미지에 ROI를 지정하고 PROSAC 알고리즘을 적용하여 구현한 파노라마 영상 정합을 제안한다. 기존의 방식은 SURF 알고리즘이나 SIFT 알고리즘과 같이 복잡한 연산과 많은 연산 데이터의 알고리즘을 화면 전체에 적용하여 탐색한다. 또한 outlier 제거 알고리즘으로 RANSAC을 적용하여 알고리즘이 가진 무작위성으로 추가적인 검증 시간을 필요로 한다. 본 논문은 파노라마 영상의 특성을 고려하여 ROI를 설정함으로써 불필요한 연산량을 줄이고 outlier 제거 알고리즘을 검증 시간을 줄인 PROSAC 알고리즘으로 채택하여 처리 속도를 개선하였다. 비교 실험은 ARM Cortex-A15가 내장된 ODROID-XU 환경에서 진행하였다. 제안하는 방식은 기존의 방식보다 처리 시간이 약 54% 개선되었다.

Key words : Panorama, RANSAC, stitching, ROI, SURF

* Dept. of Computer Science, Seokyeong University,
jckwak@skuniv.ac.kr 02-940-7758

Manuscript received Sep 9, 2015; revised Dec 1, 2015 ;
accepted Dec 1, 2015

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial

License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

파노라마 영상은 카메라 시야각의 한계로 인하여 풍경 사진과 같은 넓은 장면을 분할된 여러 장의 영상으로 정합한 영상을 말한다. 최근 모바일 기기와 영상 처리 기술의 발전에 따라 영상 회의나 보안 감시 시스템과 같이 파노라마 영상

을 기반으로 한 많은 응용 어플리케이션의 개발이 이루어지고 있다. 또한 이러한 어플리케이션들은 즉각적인 피드백으로 동작하는 모바일 기기의 특성에 따라 실시간으로 동작하기를 요구한다.

기존의 파노라마 영상 정합은 다음 과정으로 생성된다.[1] 입력받은 이미지들로부터 특징점을 검출하고 검출된 특징점들을 기반으로 분할된 이미지에서 공통된 영역을 탐색한다. 탐색된 영역에 따라 이미지를 정합하는 과정을 거쳐 파노라마 영상이 완성된다. 이때 파노라마 영상 정합의 성능을 결정하는 특징점은 일반적으로 SIFT(scale-invariant feature transform) 알고리즘[2]이나 SURF(speed up robust feature) 알고리즘[3]으로 검출되는데 이 알고리즘들은 높은 정확도를 가진 만큼 많은 연산 데이터를 생성하고 비교한다. 따라 자원이 제한된 임베디드 환경에서는 실시간으로 동작하기에 어려움이 있다.

본 논문에서는 이러한 단점을 보완하기 위하여 파노라마 영상의 특성을 고려했다. 파노라마 영상은 공통적으로 하늘이나 지면과 같이 특징점이 적은 부분들이 존재하며 이는 대체로 화면의 상단과 하단 부분에 위치한다. 영상의 상단 부분과 하단 부분의 제외한 영역을 ROI(region of interest)로 정의하고 불필요한 연산 데이터 생성을 방지하여 처리 시간을 개선한다. 또한 공통된 영역의 정확성을 위하여 consensus가 낮은 데이터(이하 outlier)를 제거하는 알고리즘인 RANSAC(random sample consensus) 알고리즘[4]의 무작위성을 보완한 PROSAC(progressive sample consensus) 알고리즘[5]을 적용하여 RANSAC 알고리즘의 무작위성으로 발생된 추가적인 검증 시간을 줄이고 연산 속도를 개선하는 방식을 제안한다.

II. 본론

1. 기존의 파노라마 영상 정합

기존의 파노라마 영상 정합 방식은 그림 1과 같이 특징점 검출, 서술자 생성, 대응 영역 탐색, outlier 제거, 투시 변환, 영상 정합 단계로 진행

된다. 기존의 방식에서 특징점 검출 알고리즘으로 SURF 알고리즘을 적용한다.

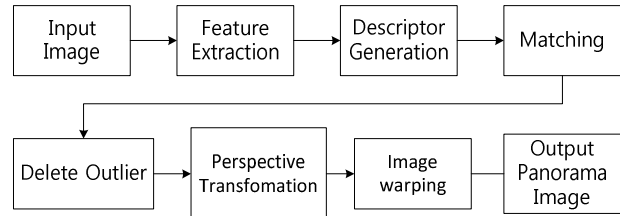


Fig. 1. Flow of the conventional panorama image stitching

그림 1. 기존의 파노라마 영상 정합 흐름도

SURF 알고리즘은 그림 2와 같이 진행된다. SURF 알고리즘은 가우시안 필터 연산을 단순화한 박스 필터로 특징점을 검출하는 알고리즘으로 박스 필터의 크기를 다양하게 적용하여 특징점을 검출하기 때문에 스케일에 강인하고 Haar wavelet filter를 사용하여 주 방향을 설정해 특징점이 이미지의 회전에도 강인하다. 또한 박스 필터를 적용하기 이전에 적분 이미지를 생성하여 처리 속도를 개선했다.

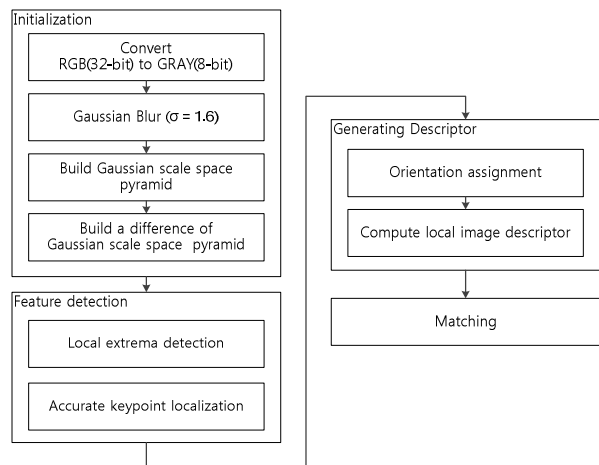


Fig. 2. Flow of SURF algorithm

그림 2. SURF 알고리즘 흐름도.

하지만 SURF 알고리즘의 경우 가우시안 필터 연산이나 적분 이미지 생성과 같이 복잡한 연산을 활용하여 실시간 동작이 어렵다. 또한 256-byte floating point 서술자를 생성하여 대응 영역 탐색 단계에서 메모리 사용량이 크고 많은

처리 시간을 소모하며 많은 연산 데이터를 가지고 계산하기 때문에 실시간으로 동작하기 어렵다.

기존의 outlier 제거 단계에 쓰이는 RANSAC 알고리즘은 대응점 집합에서 수학적으로 가장 적합한 모델을 추정하여 대응 품질을 높이는 알고리즘이다. RANSAC은 데이터 집합에 포함된 outlier의 수와 관계없이 높은 정확도로 consensus가 높은 데이터를 추정한다. 그러나 무작위로 샘플링하는 방식 탓에 같은 데이터 집합에서도 각기 다른 결과가 나올 수 있고 outlier의 수에 따라 검증 횟수가 늘어나 처리 시간이 정확도와 비례한다는 단점이 있다.

2. 제안하는 파노라마 영상 정합

가. PROSAC

PROSAC 알고리즘은 RANSAC 알고리즘이 가진 무작위성의 단점을 보완한 알고리즘이다. PROSAC 알고리즘은 RANSAC과 유사한데 RANSAC과 다른 2가지의 특성을 가진다.

첫째로는 모든 데이터를 사용하지 않고 유사도가 높은 데이터들의 집합을 사용하여 모델을 추정한다. PROSAC은 데이터를 유사도에 따라 내림차순으로 정렬한 후 이상점을 탐색하여 RANSAC과 같은 샘플들을 수집하나 샘플 수집의 순서가 다르다. RANSAC의 경우 샘플 데이터를 임의적으로 선택하여 선택된 데이터들을 검증할 시간이 필요하지만 PROSAC의 경우 추가적인 검증 시간이 필요하지 않다.

둘째로는 샘플링할 집합의 크기와 샘플링 과정의 종료 조건이 다르다. RANSAC의 경우 가장 적합한 모델을 찾기 위하여 데이터를 샘플링하는 과정의 반복 횟수와 수집된 데이터 집합의 크기를 임의적으로 사용자가 지정해야 한다. 이로 인하여 RANSAC은 같은 데이터를 가지고 실행하였을 경우에도 결과가 다르게 나올 수 있다는 단점이 있다. 그러나 PROSAC은 이를 다음 수식을 이용하여 확률적으로 계산하고 결정한다. n 개의 대응점 집합 U_n 에서 임의적으로 선택된 m 개의 데이터가 이상점 I_n 일 확률을 수식(1)이라고 정의한다. 이때 PROSAC으로부터 검출된 k 개의 집합

에서 데이터가 이상점이 아닌 집합일 확률은 수식 (2)와 같다. 수식 (2)로 구한 확률을 지정된 확률 이하로 떨어지지 않기 위하여 수식(3)을 적용하고 이에 따라 지정된 확률 이상으로 이상점을 탐색하기 위한 샘플 데이터 개수 k 와 샘플링 과정의 반복을 종료할 조건을 찾을 수 있다.

$$P_{I_n} = \frac{\binom{I_n}{m}}{\binom{n}{m}} = \frac{m-1}{n-j} \frac{I_n-j}{n-j} \approx \epsilon \frac{m}{n} \quad (1)$$

$$\eta = (1 - P_{I_n})^k \quad (2)$$

$$k_n * (\eta_o) \geq \log(\eta_o) / \log(1 - P_{I_n^*}) \quad (3)$$

나. ROI를 활용한 영상 정합

파노라마 영상 정합은 대체로 주변의 풍경 사진을 정합하기 위하여 사용된다. 그림 3과 같이 풍경 사진은 하늘과 지면을 포함하는 경우가 대부분인데 이때 정합을 위하여 특징점을 검출하면 하늘과 지면 사이의 물체에서 다수의 특징점이 검출된다. 따라 본 논문에서는 이러한 파노라마 영상 정합의 특성을 활용하여 하늘과 지면을 제외한 영역에 대하여 SURF 알고리즘을 적용하고 파노라마 영상 정합에 필요한 실질적인 특징점들을 검출하여 불필요한 연산량을 줄이고 실시간으로 동작하는 파노라마 영상 정합을 구현하고자 한다.

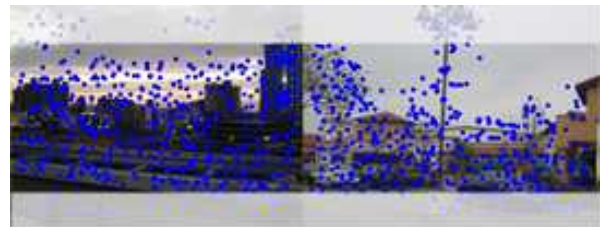


Fig. 3. The Characteristics of the panoramic image
그림 3. 파노라마 영상의 특성

III. 실험결과

본 논문에서는 제안한 파노라마 영상 정합을 검증하기 위하여 1.6GHz Quad core ARM

Cortex-A15가 내장된 ODROID - XU Board를 사용하였다. 실험 이미지의 해상도는 QVGA(320x240)를 사용하였으며 특징점 검출 알고리즘으로는 SURF를 사용하였다. 대응 영역을 탐색하기 위해 같은 특징점을 탐색하는 알고리즘으로 FLANN (Fast Library for Approximate Nearest Neighbors) 알고리즘을 사용하였다. 표 1은 ROI 영역 크기 별 파노라마 영상 정합의 정확도를 확인하기 위하여 각 ROI의 영역 크기에 따른 정합 성공률을 보인다.[6] 이미지는 VGA 이미지를 사용하였으며 이미지의 ROI의 영역은 그림 3과 같이 영상의 위, 아래부터 시작하여 y 축 방향으로 지정된 픽셀의 크기의 두 영역을 제외한 영역으로 설정하였다.

Table1. The success rate of stitching per the size of ROI(%)

표 1. ROI 영역 별 정합 성공률(%)

ROI	A	B	Miss matching points	Success rate(%)	Processing time (ms)
0	555	545	0	100	0.840
20	519	488	0	100	0.775
40	407	402	4	93	0.590
60	284	279	7	81	0.383
80	141	151	5	78	0.196

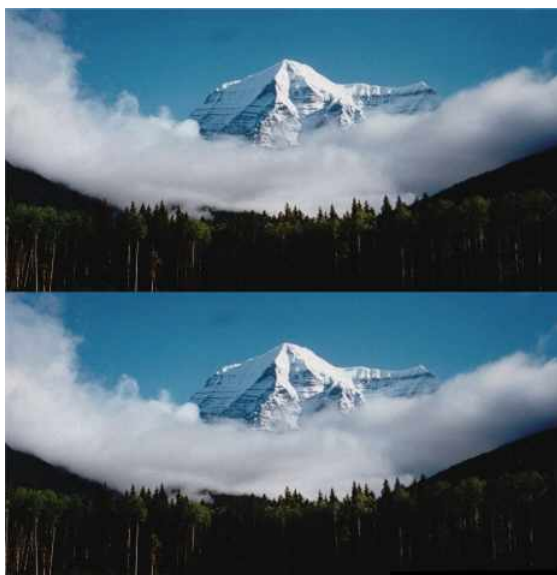


Fig. 4. The Comparison of the result images applied by ROI

그림 4. ROI 적용 결과 비교

실험 결과 위 표 1과 같이 위, 아래 y축 방향으로 60 pixel을 제외한 ROI를 적용하였을 경우 ROI를 적용하지 않았을 때보다 처리 시간이 약 54% 감소한 것을 확인할 수 있었다. 또한 이미지의 크기가 줄어들어도 정합 성공률이 큰 폭으로 감소하지 않음을 확인할 수 있다. 그림 4는 ROI를 적용하지 않은 영상 정합 결과와 위, 아래 y 축 방향으로 60 pixel을 제외한 영상 정합 결과 영상이다. 눈으로 보았을 때 두 결과 영상의 품질에 큰 차이가 없는 것을 확인할 수 있다.

Table2. The comparison of the proposed method and the method applying by ORB

(A : the method applying by ORB, B : the proposed method)

표 2. ORB를 적용한 파노라마와 제안한 방식의 비교

(A : ORB를 활용한 방식, B : 제안한 방식)

	Features of image 1	Features of image 2	Miss matching points	Success rate(%)	processing time (sec)
A	170	180	70	34	0.140
B	141	151	5	78	0.196

다음 표 2는 정합 속도를 개선하기 위하여 ORB와 PROSAC을 사용한 파노라마 영상 정합 [7]과 정확도를 비교한 표이다. 1.7 Mhz 주파수 환경에서 ORB를 사용한 알고리즘과 비교하였을 때 속도는 약 28% 감소되었으나 검출된 특징점 수가 비슷함에도 불구하고 정합 성공률이 약 1.3 배 증가하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 기존의 파노라마 영상 정합의 방식에 ROI와 PROSAC 알고리즘을 적용하여 실시간 파노라마 영상 정합을 구현하였다. 본 논문은 기존의 방식인 RANSAC의 무작위성을 보완하기 위하여 PROSAC 알고리즘을 적용하고 불필요한 검증 시간을 줄여 영상 정합 처리 속도를 개선하였다. 또한 파노라마 영상의 특성을 활용하여 ROI를 적용하고 불필요한 연산 데이터를 줄여 실시간 영상 정합을 구현하였다. 실험은

ARM Cortex-A15가 내장된 ODROID-XU 보드 환경에서 진행하였고 그 결과 기존의 방식과 비교하였을 때 처리 시간이 약 54% 감소한 것을 확인하였다. 또한 제안한 방식을 ORB를 적용한 파노라마 영상 정합과 비교하였을 경우 정합 성공률이 약 1.3배 증가한 것을 확인하였다.

References

- [1] M. Brown and D. Lowe, "Automatic Panoramic Image Stitching using Invariant Features," *International Journal of Computer Vision*, vol. 74, no. 1, pp. 59-73, 2007.
- [2] D. Lowe, "Distinctive image features from scale-invariant keypoints." *International Journal of Computer Vision*, 60(2):91 - 110, 2004.
- [3] H. Bay, T. Tuytelaars, and L.V. Gool, "SURF: Speeded Up Robust Features," 9th European Conf. Computer Vision, pages 404-417, 2006.
- [4] Martin A and Robert C. Bolles, "Random Sample Consensus: A paradigm for Model fitting with Application to Image Anaysis and Automated Cartography," *CACM*, 24(6):381 - 395, 1981.
- [5] O. Chum and J. Matas, "Matching with PROSAC-ProgressiveSample Consensus," *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 220-226, 2005.
- [6] Jaehyun Im and Joonki Paik, "Feature-Based Panoramic Background Generation for Object Tracking in Dynamic Video," *Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea SP* vol.45 no.6, pp 641-649, 2008.
- [7] Heekyeong Jeon, Jun-mo Jeong, Kwang-yeob Lee, "An implementation of the real-time panoramic image stitching using ORB and PROSAC," 12th international SoC Design Conference, 2015.

BIOGRAPHY

Jae Chang Kwak (Member)



1983 : BA in Yonsei Univ.

1989 : MS in Univ. of Iowa

1993 : PhD in Univ. of Iowa

1995~Present : Professor at Dept. of Computer Science, SeoKyeong Univ.

<Research Interest> Network Traffic Control, QoS, Realtime Scheduling, Embedded System